

Detección precoz de mortalidad en producciones avícolas empleando termografía de alta resolución

A. Blas¹, B. Diezma², A. Moya², C. Gómez²

¹ Departamento de Ingeniería Rural, Grupo de investigación LPF-tagralia, CEI Moncloa, 28040, Madrid.
a.blas.morente@gmail.com

² belen.diezma@upm.es, adolfo.moya@upm.es, cristina.gomez.martinez@visavet.ucm.es

Resumen

Las modernas instalaciones para la producción avícola de puesta agrupan un muy elevado número de individuos en baterías de jaulas. Esta disposición supone un reto de cara al control de temperaturas dentro de las naves, para garantizar que éstas se encuentren dentro del intervalo de confort térmico de los animales (12-24°C en el caso de ponedoras). Asimismo, la detección temprana de posibles individuos con problemas o muertos resulta una tarea imprescindible para asegurar el bienestar de los animales restantes. La supervisión continua y multidistribuida de la temperatura en los gallineros puede contribuir al primer aspecto mencionado, mientras que la detección temprana de animales muertos o afectados por alteraciones que conllevan cambios en su temperatura, podría acometerse mediante imagen térmica. La imagen térmica es una técnica basada en la conversión del espectro de radiación infrarroja de un objeto a imágenes visibles para su posterior análisis. La posibilidad de determinar temperaturas a distancia y con una resolución espacial suficiente hace esta técnica especialmente adecuada para la monitorización de la temperatura de los animales en las actuales instalaciones comerciales. Así pues, el objetivo principal del presente trabajo es mejorar el bienestar animal de ponedoras en instalaciones evaluando: a) la viabilidad de la imagen térmica para la identificación temprana de ejemplares muertos y b) la viabilidad de implementación de dispositivos autónomos registradores de Tª tipo RFID TurboTag para la supervisión ambiental. El presente trabajo analiza los resultados obtenidos a partir de la toma de imágenes térmicas de gallinas eutanasiadas durante dos sesiones de necropsias dentro de un estudio de evaluación de dos programas de vacunación frente a *Salmonella* llevado a cabo por el Centro de Vigilancia Sanitaria Veterinaria (VISAVET-UCM) de marzo a abril de 2012. Los resultados obtenidos muestran cómo el enfriamiento de las zonas más expuestas (cara, cresta y patas) puede ajustarse mediante una regresión logística con un elevado coeficiente de determinación (r^2 superior a 0.97). La implementación de un sistema automatizado para la detección temprana de individuos muertos en instalaciones comerciales requiere del empleo de técnicas de análisis de imagen, apuntadas en este trabajo, y de la realización de estudios adicionales bajo condiciones climáticas más amplias. Además, las tarjetas TurboTag suponen una herramienta eficaz (detectándose diferencias de Tª de hasta 40°C entre distintas ubicaciones y a lo largo del periodo de medidas) y de bajo coste para la caracterización ambiental de los gallineros.

Palabras clave: Bienestar-animal, termografía, control-ambiental, avicultura

Early detection of mortality in poultry production using high resolution thermography

Abstract

Modern poultry production facilities grouped together a very high number of individuals in battery cages. This concentration represents a challenge for the temperature control inside the buildings, to ensure that animals are within their range of thermal comfort (12-24 °C in the case of laying hens). Similarly, early detection of potential problems or dead individuals is an essential task to ensure the welfare of the remaining animals. Continuous monitoring of the temperature in poultry houses may contribute to the first mentioned aspect, while early detection of dead animals or those affected by alterations involving changes in their temperature, could be operated through thermal imaging. Thermal imaging is a technique based on the conversion of the infrared spectrum of an object into visible images for further analysis. The ability of determining temperature at a certain distance and with sufficient spatial resolution makes this technique particularly suitable for temperature

monitoring of the animals in current commercial installations. Therefore, the main objective of this work is to improve hen's welfare in poultry farms assessing: a) the feasibility of thermal imaging for early identification of dead animals and b) the feasibility of implementing autonomous devices of T^a loggers RFID TurboTag for environmental monitoring. This study analyzes the results obtained from the thermal imaging euthanized hens during two sessions of autopsies in an evaluation study of two vaccination programs against *Salmonella* carried out by the Health Surveillance Centre (VISAVET-UCM), March-April 2012. The results obtained show how the cooling of the most exposed areas (face, crest and legs) can be adjusted using a logistic regression with a high determination coefficient (r^2 greater than 0.97). The implementation of an automated system for the early detection of dead individuals in the industry requires the use of image analysis techniques, outlined in this study, and further studies with broader climatic conditions. Furthermore, TurboTag cards are an effective (T^a differences detected up to 40 ° C between sites and over measures period) and low cost tool for environmental characterization of poultry houses.

Keywords: Animal-welfare, thermography, environmental-control, poultry-production

Introducción

La imagen termográfica (thermal imaging, TI) es una técnica basada en la conversión de la radiación infrarroja de un objeto a imágenes visibles para su posterior análisis. Las imágenes térmicas se pueden aplicar en todos los campos en los que las diferencias de temperatura puedan ser utilizadas para una evaluación, diagnóstico o análisis de un proceso o producto. Por ello, ofrece grandes posibilidades en campos como el de la agricultura y la veterinaria (Vadivambal y Jayas 2011), como la monitorización y validación de temperatura en alimentos, en calidad post-cosecha o calidad de grano (Ibarra, Tao & Xin 2000; Meinlschmidt y Margner 2002; Foster et al. 2006; Gowen et al. 2007).

El uso de TI en producciones avícolas ya ha sido documentado por diversos autores: para la evaluación de la pérdida de calor sensible en los pollos jóvenes (Ferreira et al. 2011), el registro la temperatura de la superficie de la piel y plumas (Do Nascimento et al. 2011), como herramienta de diagnóstico no invasiva de detección de enfermedades (Wilcox, Patterson & Cheng 2009), cuantificación de la distribución superficial de temperaturas corporales (Cangar et al. 2008; Naeaes et al. 2010), la cuantificación de plumaje (Cook et al. 2006), o como indicador para medir el estado termo-fisiológico (Yahav y Giloh, 2012).

La hipótesis inicial del presente trabajo se basa en que si se consigue cuantificar de forma precoz la incidencia de muertes será posible retirar los cuerpos de forma temprana y evitar así la transmisión de patógenos. Así pues, el objetivo principal del presente estudio es la utilización de técnicas de imágenes térmicas para la detección temprana de mortalidad como vía de mejora del bienestar animal en producciones intensivas avícolas. Complementariamente, se dispuso de tecnología de bajo coste para la caracterización multidistribuida de las condiciones ambientales de estabulados intensivos. Siendo por tanto los objetivos específicos: la caracterización de la dinámica de temperaturas en ejemplares sacrificados, cuantificación de la variabilidad de temperatura en los cuerpos analizados, identificación de las partes del cuerpo más adecuadas para detectar descensos de temperatura debidos a muerte, generación de algoritmos para detección de ejemplares muertos, el estudio de la implementación del sistema en explotaciones comerciales, y el estudio de la temperatura ambiente de las instalaciones.

Material y Métodos

El experimento se ha desarrollado mediante colaboración entre el grupo de investigación LPF-TAGRALIA del departamento de Ingeniería Rural de la UPM y el Centro de Vigilancia Sanitaria Veterinaria (VISAVET) de la UCM. Para el mismo se han dispuesto de las instalaciones de avicultura de la Facultad de Veterinaria de la UCM. Aprovechando la disponibilidad de animales en el marco del proyecto de investigación que llevó a cabo VISAVET para la evaluación de distintos programas de vacunación frente a *Salmonella spp.* en gallinas, se ha llevado a cabo el presente estudio. Las gallinas utilizadas (240) se encontraban repartidas en dos instalaciones: gallinero norte y gallinero sur.

Durante 78 días se procedió al registro de las temperaturas en el interior de los gallineros, mediante tarjetas TurboTag T-702 (dataloggers con una capacidad de almacenaje de 702 datos de tiempo y T^a ambiente), distribuidas en diversas posiciones y alturas. Las medidas fueron tomadas del 16 de marzo al 2 de junio, distribuidas en 13 periodos (de entre dos y nueve días) de adquisición de datos, cada uno en una fecha y con frecuencia de muestreo distinta. Igualmente se estableció un ensayo para la adquisición de imágenes de gallinas inmediatamente después de la muerte durante una necropsia programada el 17 de mayo. La toma de imágenes se llevó a cabo con la cámara de termografía T425 FLIR, desde el momento inicial de muerte de los animales hasta 168 minutos después de la muerte de los mismos, a una distancia fija de 1,5 metros y a intervalos fijos de tres minutos. Tras la toma de datos e imágenes se procedió al análisis de los mismos mediante técnicas convencionales de análisis de imagen y específicas de termografía con MatLab y FLIR QuickReport 1.2.

Resultados y Discusión

Todos los datos registrados por las TurboTag fueron extraídos y procesados mediante rutinas propias desarrolladas con Matlab, obteniendo las temperaturas medias, mínimas y máximas de cada una de las mediciones. Las gallinas son homeotérmicas con capacidad de mantener su temperatura interna constante de manera uniforme. Así, la zona de neutralidad o confort térmico para gallinas adultas oscila entre 12 y 24 °C, siendo una temperatura superior a 47°C letal (Quiles & Hevia 2004). El registro de las TurboTag durante los 78 días, ofreció resultados de temperaturas medias dentro de los límites de confort térmico (entre los 10 y los 22-23 °C) (Figura 1).

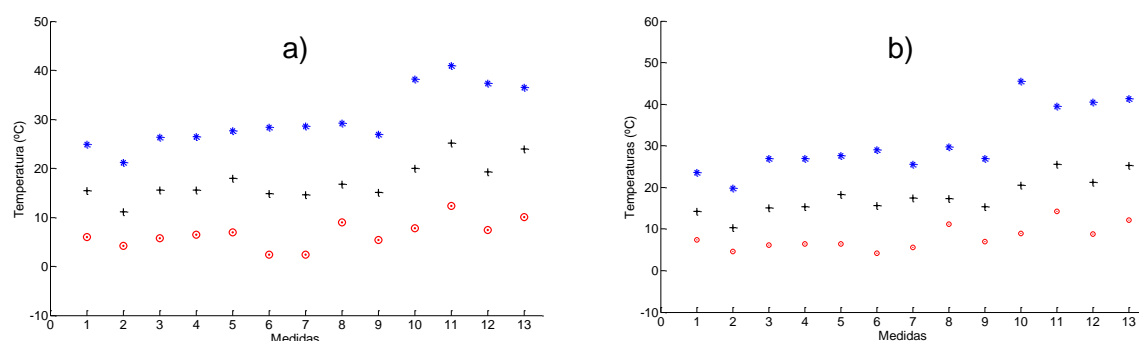


Figura 1. Datos de temperaturas medias (cruz negra), mínimas (círculo rojo) y máximas (asterisco azul) de cada una de las trece mediciones, entre el 16 de abril y el 2 de junio, en el gallinero norte (a) y gallinero sur (b).

En cambio, también se produjeron temperaturas fuera de los límites, las temperaturas máximas estuvieron comprendidas entre 20 y 43°C pero no se superó en ningún momento los 45°C. En cuanto a las temperaturas mínimas, en su gran mayoría se encontraban fuera de la zona de neutralidad térmica. Estos datos observados son posiblemente debidos a localizaciones concretas de las tarjetas TurboTag en el interior de las naves, tales como el techo y la puerta.

Para el análisis de imágenes se analizaron las 54 fotos infrarrojas tomadas durante los 168 minutos después de la muerte (mdm) de los animales durante la necropsia. Se realizó una segmentación basada en el umbral de los niveles de gris para separar el fondo de los cuerpos, mediante una rutina en Matlab, de tres imágenes: la primera imagen tomada, a los 4 mdm de los animales, otra a los 86 mdm y la última a los 168 mdm. Con la segmentación y concatenación de las tres imágenes, se pudo observar la variación térmica superficial corporal de las gallinas respecto al tiempo, y así, se pudo

determinar que las partes de la gallina con ausencia de plumaje (cresta, cara y patas) eran las zonas corporales donde mayor variación de temperatura respecto al tiempo se observaba, y por ende, podrían ser empleadas como indicadores tempranos de variaciones térmicas corporales tras la muerte.

En la Figura 2 se puede observar la imagen real de las gallinas, así como las imágenes térmicas a los 4, 86 y 168 mdm. Mediante el software de la cámara térmica para análisis de imágenes, FlirQuickReport 1.2, se seleccionó un área representativa dentro de las zonas libres de plumaje (cara, cresta y patas), determinando su temperatura y exportando los datos en formato numérico.

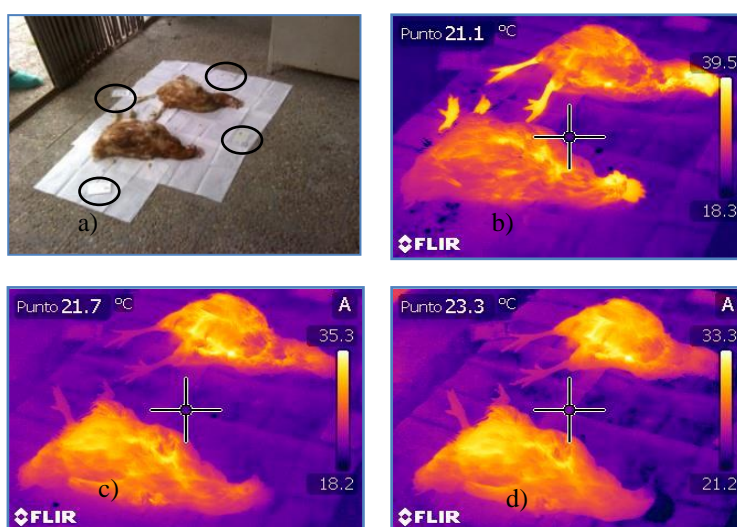


Figura 2. Imagen real de la disposición de las gallinas (a) y las imágenes térmicas realizadas con la T425 FLIR a los 4 mdm(b), a los 86 (c) y a los 168 (d).

De esta forma, se obtuvieron un total de 54 conjuntos de datos de temperaturas de áreas de la cresta, cara, y patas. La relación temperatura corporal –tiempo desde muerte, responde a una logística cuya expresión es: $x = a/(1+e(b*x))+c$. Donde a es el parámetro que define la diferencia entre el límite superior e inferior de la temperatura, b es el valor del exponente, y c es el límite inferior al que tiende la temperatura. A continuación se realizó un segundo ajuste incluyendo la temperatura ambiente (todos estos ajustes se llevaron a cabo en Matlab), con datos obtenidos de T^a del suelo donde se encontraban las gallinas obtenidos a través de la imagen térmica.

Así, se ajustó una función logística a los nuevos valores obtenidos para cada parte del cuerpo (restando a la T^a de cada parte del cuerpo la correspondiente del suelo en ese instante) (Figura 3). Se puede observar que los datos corregidos de las cuatro partes del cuerpo (representadas mediante asterisco) se correlacionaron con el ajuste realizado (todos ellos con una $r^2 > 0,996$).

La mayor variación porcentual de los datos observados de la temperatura corporal respecto a la temperatura inicial en el momento de la muerte, fue en la cara, con un 33%. La cresta, tiene una variación de temperatura respecto a la inicial de un 31%, mientras que es en las patas, donde menores cambios se aprecian respecto a la temperatura inicial tras la muerte (28% la pata A y un 29% para la pata B). A tenor de estos resultados, con el modelo creado, se observa que aquellas partes del cuerpo sin plumaje: cara, cresta y patas, sufren un gran cambio de temperatura respecto al tiempo después de la muerte, como ya concluyeron diversos autores en sus estudios (Cook et al. 2006; Cangar et al. 2008; Naeae et al. 2010).

Las patas, pueden ser buenos indicadores ya que presentan una curva de variación de temperatura respecto a los mdm con gran pendiente, indicando que es donde más rápidamente se pueden observar resultados de bajadas de temperatura. En cambio, a partir de aproximadamente 70 mdm en las condiciones del ensayo, la temperatura corporal en estas zonas del cuerpo se estabiliza, y la variación de temperatura respecto a la inicial es menor que en cara y cresta.

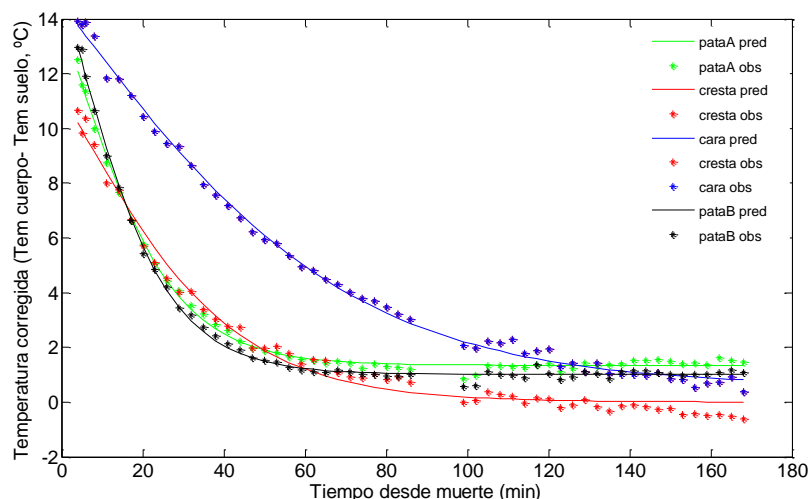


Figura 3. Datos registrados de la media de la temperatura corregida (T^a en cuerpo $-T^a$ suelo, con asterisco) y los datos realizando el ajuste con corrección de suelo (datos en línea continua) respecto al tiempo desde la muerte de la gallina hasta los 168 minutos, de la cara (azul), pata A (amarillo), pata B (negro) y cresta (rojo).

Conclusiones

Tras el análisis de datos obtenidos y a tenor de los resultados, las conclusiones son: a) bajo condiciones *ad hoc* de adquisición de imágenes la TI ha resultado una técnica viable para la detección temprana de ejemplares muertos en producciones avícolas, b) aquellas zonas del cuerpo más adecuadas para la detección de cambios de temperatura tras la muerte, son aquellas sin plumaje, (cara, cresta y patas), c) en estas zonas se observa una dinámica acusada de descenso de temperatura respecto al tiempo tras la muerte. En la cara el descenso respecto a la temperatura inicial tras la muerte es mayor que en cresta y patas, d) la cara es aquella zona del cuerpo donde se produce una bajada de temperatura tras la muerte más lenta. Las patas son la zona del cuerpo donde más rápidamente se pueden observar grandes descensos de T^a , e) los modelos que incluyen la temperatura ambiente se han mostrado más robustos, y f) los dispositivos registradores de bajo coste TurboTag, son una herramienta eficaz y de fácil uso para la caracterización de las condiciones ambientales.

Agradecimientos

A VISAVET, al departamento de Ingeniería Rural (LPF-Tagralia) y a la financiación del proyecto por parte del CEIGRAM.

Bibliografía

- Cangar, O., Aerts, J.-., Buyse, J. & Berckmans, D. (2008). Quantification of the Spatial Distribution of Surface Temperatures of Broilers. *Poultry science* 87, 2493-2499.
- Cook, N.J., Smykot, A.B., Holm, D.E., Fassenko, G. & Church, J.S. (2006). Assessing feather cover of laying hens by infrared thermography. *Journal of Applied Poultry Research* 15, 274-279.
- Do Nascimento, G.R., Pereira, D.F., Naeaes, I.d.A. & Rodrigues, L.H.A. (2011). Thermal Comfort Fuzzy Index for Broiler Chickens. *Engenharia Agrícola* 31, 219-229.
- Ferreira, V.M.O.S., Francisco, N.S., Belloni, M., Aguirre, G.M.Z., Caldara, F.R., Naeaes, I.A., Garcia, R.G., Almeida Paz, I.C.L. & Polycarpo, G.,V. (2011). Infrared Thermography Applied to the Evaluation of Metabolic Heat Loss of Chicks Fed with Different Energy Densities. *Brazilian Journal of Poultry Science* 13, 113-118.
- Foster, A.M., Ketteringham, L.P., Swain, M.J., Kondjoyan, A., Havet, M., Rouaud, O. & Evans, J.A. (2006). Design and development of apparatus to provide repeatable surface temperature-time treatments on inoculated food samples. *Journal of Food Engineering* 76, 7-18.
- Gowen, A.A., O'Donnell, C.P., Cullen, P.J., Downey, G. & Frias, J.M. (2007). Hyperspectral imaging - an emerging process analytical tool for food quality and safety control. *Trends in Food Science & Technology* 18, 590-598.
- Ibarra, J.G., Tao, Y. & Xin, H.W. (2000). Combined IR imaging-neural network method for the estimation of internal temperature in cooked chicken meat. *Optical Engineering* 39, 3032-3038.
- Meinlschmidt, P. & Margner, V. (2002). Detection of foreign substances in food using thermography. *Thermosense Xxiv* 4710, 565-571.
- Naeaes, I.d.A., Bites Romanini, C.E., Neves, D.P., do Nascimento, G.R. & Vercellino, R.d.A. (2010). Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. *Scientia Agrícola* 67, 497-502.
- Quiles, M.L. & Hevia (2004). Termoregulación en gallinas ., Depto. de Producción Animal, Fac. de Veterinaria, Univ. de Murcia.
- Vadivambal, R. & Jayas, D.S. (2011). Applications of Thermal Imaging in Agriculture and Food Industry-A Review. *Food and Bioprocess Technology* 4, 186-199.
- Wilcox, C.S., Patterson, J. & Cheng, H.W. (2009). Use of thermography to screen for subclinical bumblefoot in poultry. *Poultry science* 88, 1176-1180.
- Yahav, S., Giloh, M. (2012). Infrared Thermography – Applications in Poultry Biological Research in Infrared Thermography. ed. R.V. Prakash, 1ª edn, InTech, Croacia, 93-116.